

MENU

SEARCH

INDEX

DETAIL

JAPANESE

1 / 1

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-043453

(43)Date of publication of application : 14.02.1995

(51)Int.Cl. G01S 13/53  
G01S 13/34

(21)Application number : 05-189684

(71)Applicant : TECH RES & DEV INST OF  
JAPAN DEF AGENCY  
MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 30.07.1993

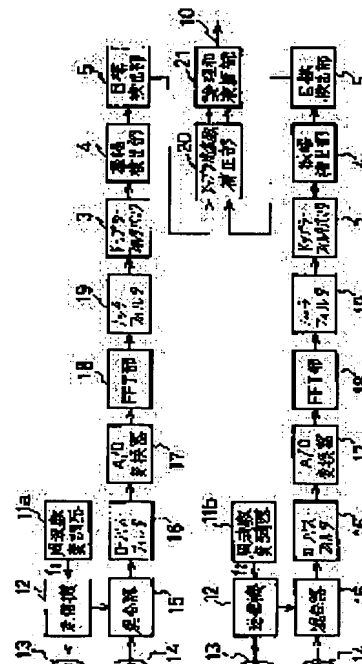
(72)Inventor : INOUE SHOJIRO  
TSUKADA TAKEO  
KAKIMOTO IKUYA

## (54) SHORT WAVE RADAR DEVICE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a short wave radar device which can detect a target signal without embedding in a sea clutter or its side lobe by removing a blind area due to the sea clutter on a Doppler frequency axis by the radar using a surface wave.

CONSTITUTION: A plurality of different frequencies are transmitted and received simultaneously or in a time-sharing manner, their received signals are suppressed at sea clutter by a filter 19, Doppler-filtered by a separator 3, detected at a target by a detector, their results are so corrected by a Doppler frequency corrector 20 as to coincide in the Doppler frequency of the target, and ORed by an OR calculator 21 to output a hit report.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.08.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2868978

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-43453

(43)公開日 平成7年(1995)2月14日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 1 S 13/53

13/34

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

8113-5 J

8113-5 J

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平5-189684

(22)出願日 平成5年(1993)7月30日

(71)出願人 390014306

防衛庁技術研究本部長

東京都世田谷区池尻1丁目2番24号

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 井上 昌二郎

千葉県海上郡飯岡町萩園1184

(72)発明者 塚田 健雄

栃木県小山市下生井506-2

(72)発明者 柿元 生也

尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機株式会社通信機製作所内

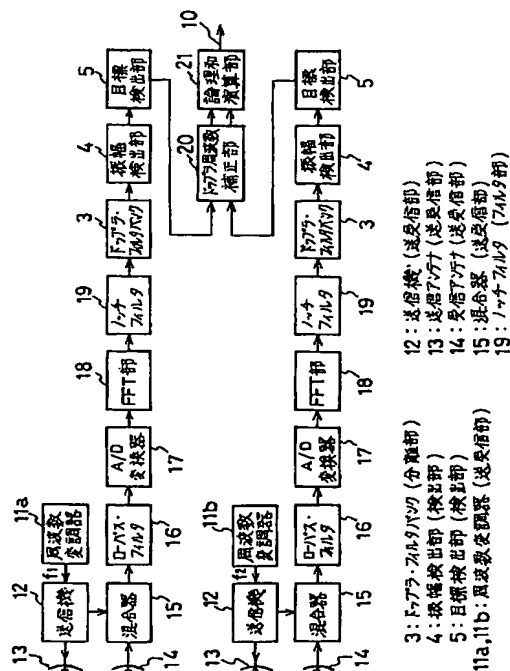
(74)代理人 弁理士 高田 守

(54)【発明の名称】 短波レーダ装置

(57)【要約】

【目的】 表面波を用いる短波レーダ装置にて、ドップラ周波数軸上での海面クラッタによるブラインド領域を除去し、目標信号を海面クラッタやそのサイドローブに埋もれることなく検出できる短波レーダ装置を得る。

【構成】 同時または時分割で複数の異なる周波数で送受信し、それらの受信信号に対して各々、フィルタ部による海面クラッタ抑圧処理、分離部によるドップラ・フィルタリング、検出部による目標検出処理を行い、それらの結果をドップラ周波数補正部にて目標のドップラ周波数を合わせるよう補正した後、論理和演算部で論理和をとってヒットレポートを出力する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 それぞれが互いに異なる中心周波数の電波を送信し、その反射を受信する複数の送受信部と、前記各送受信部で受信したそれぞれの信号の、送信中心周波数によって特定のドップラ周波数を有する海面クラッタを抑圧する複数の抑圧部と、前記各抑圧部にて得られた信号をそれぞれ、所定の数のドップラ周波数を有する信号成分に分離する複数の分離部と、前記各分離部にて得られた信号より、それぞれ目標の検出を行う複数の検出部と、前記各検出部で得られた目標検出結果どうしのドップラ周波数を合わせるように補正するドップラ周波数補正部と、前記ドップラ周波数補正部にて補正された信号の論理和演算を行う論理和演算部とを備えた短波レーダ装置。

【請求項2】 異なった中心周波数の電波を時分割的に送信し、その反射を受信する送受信部と、前記送受信部で受信した信号の、送信中心周波数によって特定のドップラ周波数を有する海面クラッタを抑圧する抑圧部と、前記抑圧部にて得られた信号を、所定の数のドップラ周波数を有する信号成分に分離する分離部と、前記分離部にて得られた信号より目標の検出を行う検出部と、前記検出部で得られた目標検出結果を記憶する記憶部と、前記記憶部に記憶された目標検出結果と前記目標検出部で得られた目標検出結果のドップラ周波数を合わせるように補正するドップラ周波数補正部と、前記ドップラ周波数補正部にて補正された信号の論理和演算を行う論理和演算部とを備えた短波レーダ装置。

【請求項3】 パルス状の電波を所定のビット数毎に送信周波数を繰り返し変化させて送信し、その反射を受信する送受信部と、前記送受信部で受信した信号のパルスビット毎に海面クラッタを抑圧する抑圧部と、前記抑圧部にて得られた信号を、所定の数のドップラ周波数を有する信号成分に分離する分離部と、前記分離部にて得られた信号より目標の検出を行う検出部と、前記検出部で得られた目標検出結果を記憶する記憶部と、前記記憶部に記憶された目標検出結果と前記目標検出部で得られた目標検出結果のドップラ周波数を合わせるように補正するドップラ周波数補正部と、前記ドップラ周波数補正部にて補正された信号の論理和演算を行う論理和演算部とを備えた短波レーダ装置。

【請求項4】 それぞれが互いに異なる送信周波数のパルス状の電波を送信し、その反射を受信する複数の送受信部と、前記各送受信部で受信したそれぞれの信号のパルスビット毎に海面クラッタを抑圧する複数の抑圧部と、前記各抑圧部にて得られた信号をそれぞれ、所定の数のドップラ周波数を有する信号成分に分離する複数の分離部と、前記各分離部にて得られた信号より、それぞれ目標の検出を行う複数の検出部と、前記各検出部で得られた目標検出結果どうしのドップラ周波数を合わせるように補正するドップラ周波数補正部と、前記ドップラ

周波数補正部にて補正された信号の論理和演算を行う論理和演算部とを備えた短波レーダ装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、HF帯の表面波を用いて海上を搜索する短波レーダ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図8は例えば、「イントロダクション ツー レーダ システムズ (INTRODUCTION TO RADAR SYSTEMS) 第2版」メルリアイスコルニック (Merrill I. Skolnik) 著 マックグロウ・ヒル インターナショナル エディションズ (McGraw-Hill International Editions) 1981年に示された、従来の短波レーダ装置を示す機能ブロック図である。図において、1はA/D変換されて入力されるI成分とQ成分のビデオ信号である。2はこのビデオ信号1のクラッタ信号成分を除去する3パルス・キャンセラであり、3はその出力を所定の数のドップラ周波数を持つ信号成分に分離する、フーリエ変換器で構成されたドップラ・フィルタバンクである。4はドップラ・フィルタバンク3の各出力の振幅値を検出する振幅検出部であり、5はその振幅値信号より目標の検出を行う目標検出部である。

【0003】また、6は前記ビデオ信号1が入力されるローパス・フィルタであり、7はこのローパス・フィルタ6の出力の振幅値を検出して目標検出部5に送出する振幅検出部である。8は当該レーダ装置が現在処理している領域の過去のクラッタ振幅の平均値が格納されているクラッタ・マップであり、9はクラッタ・マップ8の値を更新するとともに、新たなクラッタ・マップの値を目標検出部5に送出する回帰フィルタである。なお、10は振幅検出部5が目標を検出した時に出力するヒットレポート信号である。

【0004】次に動作について説明する。A/D変換されたI成分およびQ成分のビデオ信号1は2分されて3パルス・キャンセラ2とローパス・フィルタ6に入力される。3パルス・キャンセラ2に入力されたビデオ信号1はドップラ周波数がゼロ付近のクラッタ信号成分が除去されてドップラ・フィルタバンク3に入力され、ドップラ・フィルタバンク3で所定の数のドップラ周波数を持つ信号成分に分離される。このドップラ・フィルタバンク3の各出力は、振幅検出部4において振幅値が検出される。検出された各ドップラ・フィルタバンク3の振幅値信号は目標検出部5に入力され、各フィルタについて個々に設定されたスレッショルド・レベルと比較される。この時のスレッショルド・レベルは、一定の誤警報確率を保つように設定される。スレッショルド・レベルを越える信号は目標であると判定され、ヒットレポート信号10として出力される。なお、上記の3パルス・キ

ャンセラ2、ドップラ・フィルタバンク3、振幅検出部4、目標検出部5による一連の処理は、ドップラ周波数を有する移動目標を検出するためのものである。

【0005】一方、位置が固定のクラッタ信号およびドップラ周波数がゼロ付近の目標信号はローパス・フィルタ6によって抽出され、振幅検出部7で振幅値が検出されて目標検出部5に送られる。クラッタ・マップ8には、現在このレーダ装置が処理している領域の過去のクラッタ振幅の平均値が格納されており、この平均値と振幅検出部7の出力する振幅値信号により、回帰フィルタ9がクラッタ・マップ8の値を更新し、同時に目標検出部5に新たなクラッタレベルの値を送出する。目標検出部5では振幅検出部7からの現在の振幅値と回帰フィルタ9からのクラッタレベルの値が比較され、クラッタレ\*

$$f_B = \pm \sqrt{g \cdot f_o} / \pi C \quad \cdots \cdots (1)$$

【0008】ただし、上記(1)式において、gは重力の加速度、f<sub>o</sub>は送信中心周波数、Cは光速である。また、ブラグラインの帯域幅は海面の状況によって著しく変化することも知られている。

【0009】海面からの反射信号は、目標からの反射信号に比べて20dB程度以上も大きいことも多く、HF帯の表面波レーダでは、このような海面からの信号がクラッタとなり、目標検出を阻害する要因となる。図8に示した短波レーダ装置では、ブラグラインを消去することができないので、ブラグラインを消去するためにはそのドップラ周波数f<sub>B</sub>にノッチを構成するようなフィルタを付加する必要がある。しかしながら、たとえそのようなノッチフィルタを付加したとしても、ブラグラインのドップラ周波数と目標のドップラ周波数がほとんど同じであれば、目標信号も同時に消去されてしまうため、そのような目標を検出することはできない。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】従来の短波レーダ装置は以上のように構成されているので、海面クラッタを消去するためにノッチフィルタを付加することが必要となるが、その阻止帯域幅を正確に予測することは困難であり、阻止帯域幅を広くしすぎるとクラッタ外の目標まで消去してしまい、逆に阻止帯域幅を狭くしすぎるとクラッタの消え残りが生じ、誤目標として検出してしまい、またドップラ周波数軸上に海面クラッタによるブラインド領域ができて、目標のドップラ周波数とクラッタのドップラ周波数がほとんど同じである場合には目標が同時に消去され、検出することができないなどの問題点があった。

【0011】この発明は上記のような問題点を解消するためになされたもので、目標信号が海面クラッタやそのサイドローブに埋もれないように海面クラッタを除去すると共に、海面クラッタのドップラ周波数とはほぼ同一のドップラ周波数を持つ目標を、同時に消去してしまうこ

\*ベル以上の振幅値信号が入力された時だけヒットとして、ヒットレポート信号10を出力する。

【0006】次に、海上を搜索するためのHF帯の表面波を用いる短波レーダ装置における、海面からの後方散乱信号のドップラ周波数特性について説明する。ここで、図9は海面からの後方散乱信号を示す周波数スペクトル図である。図において、2つのピーク31および32はブラグライン(Bragg line)と呼ばれる、他と著しく異なる海面からの反射を模式的に示したもので、海流等によるドップラ周波数のわずかなシフトを除いて考えると、ブラグラインの現れるドップラ周波数f<sub>B</sub>は、次の(1)式で表せることが知られている。

【0007】

【数1】

となく検出できる短波レーダ装置を得ることを目的とする。

【0012】

20 【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明に係る短波レーダ装置は、複数の送受信部によって中心周波数の異なる電波を送受信し、それぞれの受信信号に対して互いに独立に、海面クラッタ抑圧処理、ドップラフィルタリングおよび目標検出処理を行い、得られた各目標検出結果のドップラ周波数を補正した後、論理和演算を行うようにしたものである。

【0013】また、請求項2に記載の発明に係る短波レーダ装置は、1つの送受信部によって中心周波数の異なる複数の電波を時分割的に送受信するとともに、得られた目標検出結果を格納する記憶部を設け、1つの系を時分割使用して、受信信号に対する海面クラッタ抑圧処理、ドップラフィルタリングおよび目標検出処理を行い、得られた各目標検出結果のドップラ周波数を補正した後、論理和演算を行うようにしたものである。

【0014】また、請求項3に記載の発明に係る短波レーダ装置は、1つの送受信部によって所定ビット数毎に送信周波数を繰り返して変化させながらパルス状の電波を送受信するとともに、得られた目標検出結果を格納する記憶部を設け、1つの系を時分割使用して、受信信号に対する海面クラッタ抑圧処理、ドップラフィルタリングおよび目標検出処理を行い、得られた各目標検出結果のドップラ周波数を補正した後、論理和演算を行うようにしたものである。

【0015】また、請求項4に記載の発明に係る短波レーダ装置は、それぞれが送信周波数の異なるパルス状の電波を送受信する複数の送受信部を設け、各受信信号の海面クラッタ抑圧処理、ドップラフィルタリングおよび目標検出処理を互いに独立した系で行い、得られた各目標検出結果のドップラ周波数を補正した後、論理和演算を行うようにしたものである。

【0016】

【作用】請求項1に記載の発明における短波レーダ装置は、ドップラ周波数がブラグラインでは送信周波数の平方根に、目標では送信周波数にそれぞれ比例することから、複数の送受信部にて中心周波数の異なった電波を送受信することにより、ある送信中心周波数の電波では海面クラッタに埋もれてしまう目標信号も、異なる送信中心周波数の電波によれば両者のドップラ周波数が分離することを利用して、海面クラッタの除去に際して、ドップラ周波数が海面クラッタのそれとほぼ等しい目標信号を同時に消去してしまうことのない短波レーダ装置を実現する。

【0017】また、請求項2に記載の発明における短波レーダ装置は、1つの送受信部で中心周波数の異なる複数の電波を時分割的に送受信し、得られた目標検出結果を記憶部に格納しておくことにより、受信信号に対する海面クラッタ抑圧処理、ドップラフィルタリングおよび目標検出処理を1系統のハードウェアで処理可能とする。

【0018】また、請求項3に記載の発明における短波レーダ装置は、1つの送受信部で所定ビット数毎に送信周波数を繰り返して変化させながらパルス状の電波を送受信し、得られた目標検出結果を記憶部に格納して、ドップラ周波数補正、論理和演算を実行することにより、パルス方式の短波レーダにおいても、海面クラッタに埋もれてしまう目標信号の分離を可能とする。

【0019】また、請求項4に記載の発明における短波レーダ装置は、複数の送受信部で送信周波数の異なるパルス電波を送受信し、それぞれの受信信号に対する海面クラッタ抑圧処理、ドップラフィルタリングおよび目標検出処理を互いに独立した系で処理することにより、処理時間の大幅な削減を可能とする。

【0020】

【実施例】

実施例1. 以下、この発明の実施例1を図について説明する。図1は請求項1に記載の発明の一実施例を示す機能ブロック図である。図において、3はドップラ・フィルタバンク、4は振幅検出部、5は目標検出部、10はヒットレポート信号であり、図8に同一符号を付した従来のそれらと同一、もしくは相当部分であるため詳細な説明は省略する。

【0021】また、11a、11bは時間とともに周波数が直線状に変化する送信種信号を生成する周波数変調器であり、周波数変調器11aは送信種信号の中心周波数が $f_1$ 、周波数変調器11bは送信種信号の中心周波数が $f_2$ である点で互いに異なっている。12はその送信種信号の送信を行う送信機であり、13はそれを空間に放射する送信アンテナである。14は送信アンテナ13より放射された電波の反射波を受信する受信アンテナであり、15はその受信信号と送信機12からの参照信

号とを混合する混合器である。なお、この周波数変調器11a、送信機12、送信アンテナ13、受信アンテナ14および混合器15と、周波数変調器11b、送信機12、送信アンテナ13、受信アンテナ14および混合器15とはそれぞれ独立した系統の送受信部を形成している。

【0022】16は混合器15から出力されるベースバンド信号中の多次エコーを除去するローパス・フィルタであり、17はその出力をデジタル化するA/D変換器である。18はこのA/D変換器17の出力をフーリエ変換する高速フーリエ変換部（以下、FFT部という）であり、19はこのFFT部18からのデータをブラグライン付近の海面クラッタを抑圧して分離部としてのドップラ・フィルタバンク3に入力する、抑圧部としてのノッチ・フィルタである。

【0023】20は各々が振幅検出部4および目標検出部5で形成され、ドップラ・フィルタバンク3からの信号より目標の検出を行っている、2つの検出部によってそれぞれ得られた、両系の目標検出結果どうしのドップラ周波数を合わせるように補正するドップラ周波数補正部である。21はこのドップラ周波数補正部20より出力される両系の目標検出結果の論理和をとって、最終的なヒットレポート信号10を生成する論理和演算部である。

【0024】次に動作について説明する。周波数変調器11aおよび11bは、時間と共に周波数が直線状に変化するような送信種信号を生成してそれぞれ送信機12に送る。ただし、この時の周波数変調器11aおよび11bによる中心周波数 $f_1$ 、 $f_2$ は、先に述べたこの送信周波数に起因するブラグラインのドップラ周波数 $f_d$ が互いに十分に離れるように設定するものとする。各送信機12では、入力された中心周波数 $f_1$ あるいは $f_2$ の送信種信号をそれぞれ送信アンテナ13に送って空間に放射させる。また、送信種信号の一部は、送受の周波数差を表すベースバンド信号を作るための参照信号として直接混合器15に入力される。

【0025】送信アンテナ13より放射された電波は目標や海面等で反射されて受信アンテナ14で受信される。受信アンテナ14によって受信された受信信号は混合器15において参照信号と混合され、ベースバンド信号が出力される。この時の送信中心周波数 $f_1$ および $f_2$ による参照信号と受信信号との関係を図2に示す。図2において、41は参照信号、42は受信信号を示す。ある距離の目標から反射された受信信号は、目標距離に相当する時間だけ参照信号に比べて周波数変化が遅れているので、参照信号と受信信号の周波数の差 $\Delta f$ を測定することにより、目標までの距離を算出することができる。短波レーダではこのような周波数変調持続波方式（以下、FMCW方式という）が採用されることが多い。

【0026】混合器15から出力されるベースバンド信号にはこの周波数 $\Delta f$ の信号が含まれている。ベースバンド信号は、遠距離からの多次エコーを除去するためのローパス・フィルタ16を通り、A/D変換器17でサンプリングされた後、レンジピン形成のためのFFT部18でフーリエ変換され、各レンジピン毎のデータに分離される。次に各レンジピンについて、周波数スweep毎に得られるデータをノッチフィルタ19に投入し、ブラグライン付近の海面クラッタを抑圧した後、ドップラ・フィルタバンク3で所定の数のドップラ周波数成分に分離し、振幅検出部4で振幅スペクトルを算出する。ここで、ノッチフィルタ19のフィルタ係数は、送信周波数が $f_1$ の系と $f_2$ の系とでは異なり、それぞれの送信周波数におけるブラグラインのドップラ周波数を中心とする信号成分を除去するようなフィルタ係数としておく。各目標検出部5では、振幅検出部4より出力される周波数スペクトルに対して域値処理を行い、スレッシュホールド・レベルを超える信号を目標として検出する。

【0027】ここまでの処理は送信中心周波数 $f_1$ および $f_2$ の系について同様に行うのであるが、次に、両方の系の目標検出結果を統合する操作を行う。送信中心周波

\*波数 $f_1$ および $f_2$ の系の目標検出部5の処理結果は送信周波数が異なるため、ブラグラインに対しても、また同一の目標に対してもドップラ周波数が異なっている。そこで、ドップラ周波数補正部20で、まず2つの系の目標のドップラ周波数を合わせ、その後、論理和演算部21にて両系の目標検出結果の論理和をとり、最終的なヒットレポート10を出力する。

【0028】図3はこの実施例1の一連の処理の流れを補足説明するための周波数スペクトル図であり、以下、図1を参照しながらこの図3について説明する。図3(a)には、上に送信中心周波数 $f_1$ 、下に送信中心周波数 $f_2$ の系におけるFFT部18の出力信号の周波数スペクトルが示されている。この例では、海面クラッタ31および32の他に2つの目標Xと目標Yとで反射された目標信号33および34が含まれている。この目標Xおよび目標Yのラジアル速度をそれぞれ $v_x$ 、 $v_y$ とすると、これらのドップラ周波数は次に示す(2)～(7)式のようにになる。

【0029】

【数2】

$$f_1 \text{ の系での海面クラッタのドップラ周波数； } f_{B1} = \pm \sqrt{g \cdot f_1 / \pi C} \quad \cdots \cdots (2)$$

$$f_2 \text{ の系での海面クラッタのドップラ周波数； } f_{B2} = \pm \sqrt{g \cdot f_2 / \pi C} \quad \cdots \cdots (3)$$

$$f_1 \text{ の系での目標信号33のドップラ周波数； } f_{x1} = 2 v_x f_1 / C \quad \cdots \cdots (4)$$

$$f_2 \text{ の系での目標信号33のドップラ周波数； } f_{x2} = 2 v_x f_2 / C \quad \cdots \cdots (5)$$

$$f_1 \text{ の系での目標信号34のドップラ周波数； } f_{y1} = 2 v_y f_1 / C \quad \cdots \cdots (6)$$

$$f_2 \text{ の系での目標信号34のドップラ周波数； } f_{y2} = 2 v_y f_2 / C \quad \cdots \cdots (7)$$

【0030】このようなドップラ周波数成分を有している信号が、送信中心周波数 $f_1$ および $f_2$ の各系においてノッチフィルタ19に投入され、各々ドップラ周波数 $\pm f_{B1}$ 、 $\pm f_{B2}$ を中心とする帯域の信号が除去された後、それぞれドップラ・フィルタバンク3、振幅検出部4により周波数スペクトルが算出される。図3(b)はこの時の振幅検出部4の出力信号を示しており、上が送信周波数 $f_1$ の系、下が送信周波数 $f_2$ の系にそれぞれ対応している。この図からわかるように、送信中心周波数 $f_1$ の系では目標Yからの目標信号34が海面クラッタ32と共に除去されてしまうが、送信中心周波数 $f_2$ の系では目標Yからの目標信号34は除去されずに残っ※

$$f'_{x2} = f_{x2} \cdot f_1 / f_2 = f_{x1}$$

【0033】この例では送信中心周波数 $f_2$ の系を送信中心周波数 $f_1$ の系に合わせる例を示したが、反対に送

※ている。

【0031】図3(c)はドップラ周波数補正部20の出力結果を示す周波数スペクトル図である。各目標検出部5からドップラ周波数補正部20に投入される情報は、図3(b)に示したように、同一の目標Xに対してドップラ周波数 $f_{x1}$ 、 $f_{x2}$ が異なるので、これらの周波数を合わせて同一目標であることを認識する必要がある。具体的には送信中心周波数 $f_2$ の系での周波数情報を $f_1/f_2$ 倍とすれば次式となり、両系のドップラ周波数を補正することができる。

【0032】

$$\cdots \cdots (8)$$

送信中心周波数 $f_1$ の系を送信中心周波数 $f_2$ の系に合わせるようにしてもよい。図3(d)は、論理和演算部2

1における図3(c)に示したドップラ周波数補正部20からの出力情報の論理和を示しており、この情報から最終的なヒットレポート信号10が生成されて出力される。

【0034】このように、この実施例1によれば、FMCW方式にて2種の異なる中心周波数で同時に送信し、その両方の受信信号についての海面クラッタの抑圧処理、ドップラ・フィルタリング、目標検出処理結果の論理和をとることにより、ドップラ周波数軸上に海面クラッタによるブラインドを生じることなく目標を検出することができる。

【0035】実施例2. なお、上記実施例1では送信中心周波数が異なった複数(2つ)の送信種信号のそれぞれに対応して独立に、送受信および信号処理の系を設置したものを示したが、異なる送信中心周波数の中心種信号を時分割的に生成することにより、送受信および信号処理の系を1系統ですませることもできる。図4は請求項2に記載したそのような発明の一実施例を示す機能ブロック図で、相当部分には図1と同一符号を付してその説明を省略する。図において、11は実施例1における周波数変調器11aと11bがそれぞれ個別に生成していた、中心周波数が $f_1$ と $f_2$ の送信種信号を時分割的に生成する周波数変調器である。22は送信中心周波数が $f_1$ のときに目標検出部5が出力する目標検出結果が格納される記憶部である。

【0036】次に動作について説明する。ここで、図5は受信信号と参照信号の関係を示す説明図である。周波数変調器11は、時間と共に周波数が直線状に変化するような送信種信号を生成している。ただし、図5の41に示すように、所定の回数分の周波数スweep毎に、その中心周波数 $f_1$ 、 $f_2$ が十分離れるようにホップしながら、2種類の送信種信号を時分割で生成するものとする。送信機12を経て送信アンテナ13から電波が放射され、受信波を受信アンテナ14で受信する。受信信号が混合器15、ローパス・フィルタ16、A/D変換器17およびFFT部18で処理される過程は、実施例1で説明したのと全く同一である。FFT部18から出力される各レンジビンの周波数スweep毎のデータはノッチフィルタ19に入力されるが、ノッチフィルタ19のフィルタ係数は、送受信の中心周波数 $f_1$ 、 $f_2$ がホップするのに従って、その送信周波数における海面クラッタのドップラ周波数にノッチの中心を合わせるように変化する。ノッチフィルタ19により海面クラッタ信号が除去されたデータは、ドップラ・フィルタバンク3、振幅検出部4を経て、目標検出部5にて域値処理される。

【0037】ここで、送信中心周波数が $f_1$ の時の目標検出部5による目標検出結果は記憶部22に格納され、直接ドップラ周波数補正部20には入力されない。逆に、送信中心周波数が $f_2$ の時の目標検出部5による目

標検出結果は記憶部22へは入力されず、ドップラ周波数補正部20に直接入力され、これと同時に記憶部22に格納されている、直前の送信中心周波数が $f_1$ の時の目標検出結果もドップラ周波数補正部20に入力される。ドップラ周波数補正部20では、送信中心周波数が $f_1$ の時の目標のドップラ周波数と送信中心周波数が $f_2$ の時の目標のドップラ周波数を合わせ、論理和演算部21ではその論理和をとり、ヒットレポート10として出力する。

【0038】このように、この実施例2では、実施例1に比べてほぼ半分のハードウェア資源を時分割で使用するため、実施例1と同一の効果を得るためには倍の時間を要するという欠点はあるが、送受信および信号処理系のハードウェアを大幅に削減することができる。

【0039】実施例3. また、上記各実施例ではFMCW方式の短波レーダ装置に適用した場合について述べたが、通常のパルス方式の短波レーダ装置に適用することもできる。図6は請求項3に記載したそのような発明の一実施例を示す機能ブロック図で、相当部分には図4と同一符号を付してその説明を省略する。図において、23は所定送信機12をパルス動作させるための変調器であり、24は送信機12に局部発振信号を供給して送信機12の出力パルスの周波数を所定ビット数毎に変化させるとともに、その局部発振信号を混合器15にも送る局部発振器である。25は送信信号と受信信号の切り替えを行うサーキュレータであり、26は送信と受信で共用される送受信アンテナである。27は混合器15の出力を位相検波する位相検波器であり、28は位相検波器の出力をレンジビン毎の信号に分離する距離ゲートである。なお、前記変調器23、送信機12、サーキュレータ25、送受信アンテナ26、混合器15および局部発振器24によって送受信部が形成されている。

【0040】次に動作について説明する。ここで、図7は送受信アンテナ26から送信される送信信号を示す説明図である。送信機12は変調器23からのパルスと局部発振器24からの局部発振信号に基づいて、図7に示すような、所定のビット数毎に複数種類(2種類)の周波数を繰り返すパルスによる送信信号を生成し、サーキュレータ25を経て送受信アンテナ26より放射する。送受信アンテナ26で受信される受信信号はサーキュレータ25を経て混合器15に入力され、局部発振器24からの局部発振信号と混合された後、位相検波器27にて位相検波され、距離ゲート18でレンジビン毎の信号に分離される。各レンジビンのデータは、パルスビット毎にノッチフィルタ19で海面クラッタ信号が抑圧され、ドップラ・フィルタバンク3で所定のドップラ周波数成分に分離された後、振幅検出部4で振幅検出の処理が行われ、目標検出部5で目標検出の処理が行われる。

【0041】なお、ドップラ周波数補正部20および論理和演算部21での処理内容は、実施例2の場合と同一

である。すなわち、送信周波数  $f_1$ 、 $f_2$  の一方、例えば送信周波数  $f_1$  での目標検出結果は記憶部 22 に一旦格納され、次の送信周波数  $f_2$  での目標検出結果が目標検出部 5 より出力された時、それとともにドップラ周波数補正部 20 に入力される。ドップラ周波数補正部 20 では、両方の目標検出結果のドップラ周波数を合わせるように補正した後、それらを論理和演算部 21 に入力し、論理和演算部 21 ではその両者の論理和をとって、最終的なヒットレポート 10 として出力する。

【0042】実施例 4. また、上記実施例 3 では、送受信および信号処理の系を 1 系統としてそれらを時分割的に使用するものについて説明したが、それらを複数系統用意して、各送受信部により送信周波数の異なるパルス電波を送受信し、それぞれの受信信号に対する海面クラッタ抑圧処理、ドップラフィルタリングおよび目標検出処理などを互いに独立した系のハードウェアで処理して、得られた各目標検出結果のドップラ周波数を補正した後、論理和演算を行うようにしてもよい。このようにすることにより、ハードウェアの増加はあるが、処理時間を大幅に削減することができる。

【0043】実施例 5. なお、上記各実施例では、電波形式が FMCW 方式、あるいはパルス方式である場合について示したが、これらの変形として送受切り替え型 FMCW 方式 (FMICW: Frequency Modulated Interrupted Continuous Wave) や階段状に周波数が増加する Stepped-Frequency 方式 (PTPFM: Pulse-to-Pulse Frequency Modulation)、さらにはパルス圧縮方式、符号変調方式等を用いてもよく、上記実施例と同様の効果を奏する。

【0044】実施例 6. また、上記各実施例では、送信周波数の種類が 2 種である場合について説明したが、3 種以上の送信周波数を用いてもよい。例えば、海面クラッタの帯域幅が広い場合などには、送信周波数の種類を増やすことにより、全体としてドップラ周波数軸上での海面クラッタによるブラインド領域をなくせるという効果がある。

【0045】

【発明の効果】以上のように、請求項 1 に記載の発明によれば、複数の送受信部で中心周波数の異なる電波の送受信を行い、各受信信号に対して海面クラッタ抑圧処理、ドップラフィルタリングおよび目標検出処理を互いに独立に行い、得られた各目標検出結果のドップラ周波数を補正した後、その論理和演算を行うように構成したので、ドップラ周波数軸上に海面クラッタによるブラインド領域が生ずることがなくなり、クラッタのドップラ周波数と同様のドップラ周波数成分を持っている目標も、確実に分離・検出できる短波レーダ装置が得られる効果がある。

【0046】また、請求項 2 に記載の発明によれば、1 つの送受信部で中心周波数の異なる複数の電波を時分割

的に送受信し、得られた目標検出結果を記憶部に一時格納しておくように構成したので、受信信号に対する海面クラッタ抑圧処理、ドップラフィルタリングおよび目標検出処理を 1 つの系で行うことが可能となり、ハードウェア量を大幅に削減できる効果がある。

【0047】また、請求項 3 に記載の発明によれば、1 つの送受信部で所定ビット数毎に送信周波数を繰り返して変化させながらパルス状の電波を送受信し、得られた目標検出結果を記憶部に一時格納しておくように構成したので、クラッタと同様のドップラ周波数成分を有する目標も確実に分離・検出することができるパルス方式の短波レーダ装置を、少ないハードウェア量で実現できる効果がある。

【0048】また、請求項 4 に記載の発明によれば、複数の送受信部で送信周波数の異なるパルス状の電波を送受信し、各受信信号に対して海面クラッタ抑圧処理、ドップラフィルタリングおよび目標検出処理をそれぞれ独立して行うように構成したので、パルス方式による短波レーダ装置の処理時間を大幅に短縮することができる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明の実施例 1 による短波レーダ装置を示す機能ブロック図である。

【図 2】上記実施例における受信信号と参照信号の関係を示す説明図である。

【図 3】上記実施例における処理過程を説明するための周波数スペクトル図である。

【図 4】この発明の実施例 2 による短波レーダ装置を示す機能ブロック図である。

【図 5】上記実施例における受信信号と参照信号の関係を示す説明図である。

【図 6】この発明の実施例 3 による短波レーダ装置を示す機能ブロック図である。

【図 7】上記実施例における送信信号を示す説明図である。

【図 8】従来の短波レーダ装置を示す機能ブロック図である。

【図 9】その海面からの後方散乱信号を示す周波数スペクトル図である。

【符号の説明】

3 ドップラ・フィルタバンク (分離部)

4 振幅検出部 (検出部)

5 目標検出部 (検出部)

11, 11a, 11b 周波数変調器 (送受信部)

12 送信機 (送受信部)

13 送信アンテナ (送受信部)

14 受信アンテナ (送受信部)

15 混合器 (送受信部)

19 ノッチフィルタ (フィルタ部)

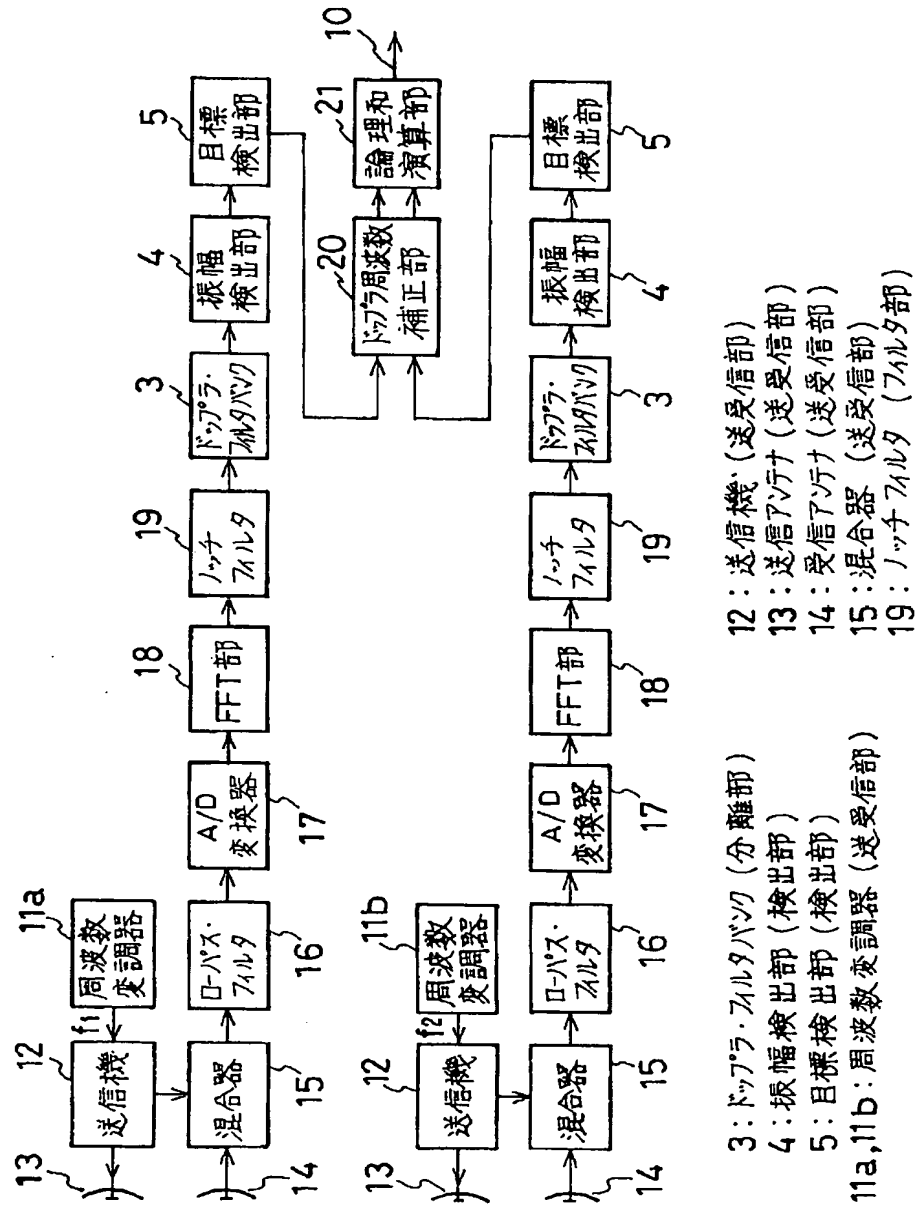
20 ドップラ周波数補正部



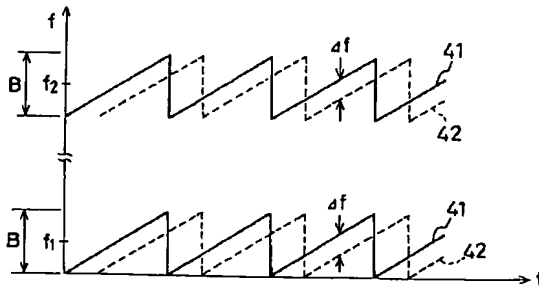
- 2 1 論理和演算部  
2 2 記憶部  
2 3 変調部 (送受信部)

- \* 2 4 局部発振器 (送受信部)  
2 5 サークュレータ (送受信部)  
\* 2 6 送受信アンテナ (送受信部)

【図1】



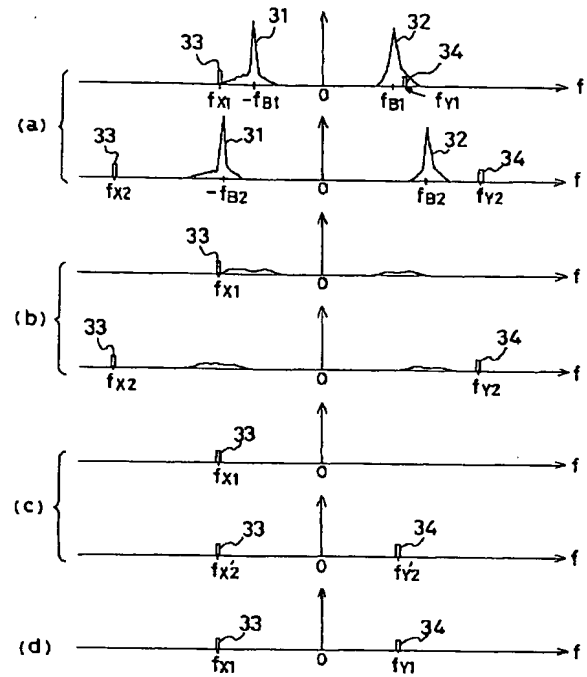
【図 2】



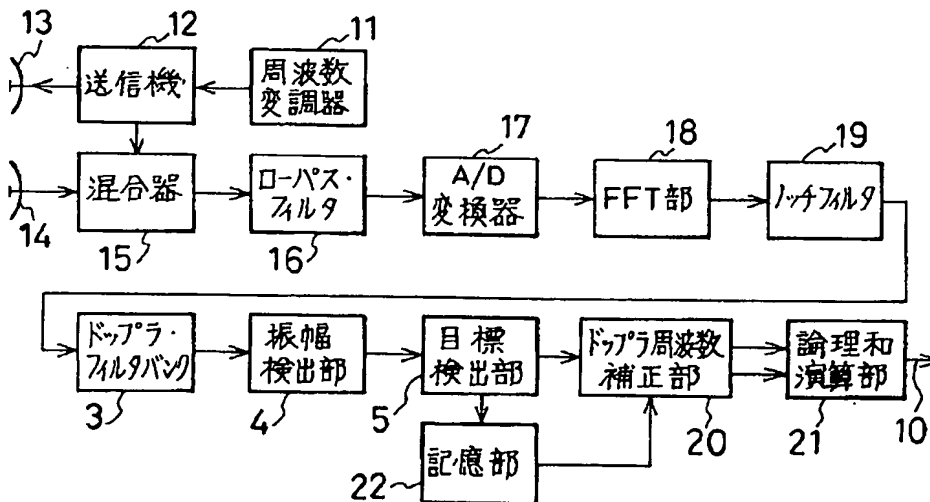
【図 7】



【図 3】

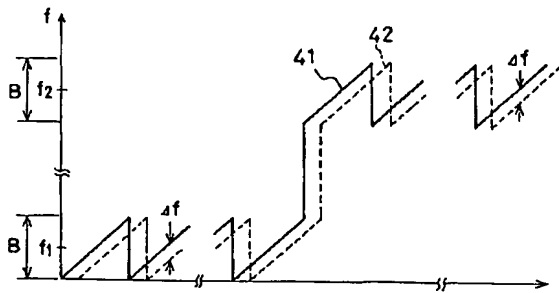


【図 4】

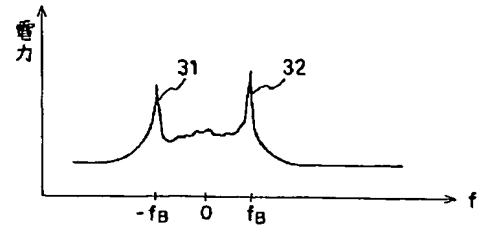


11: 周波数変調器 (送受信部)

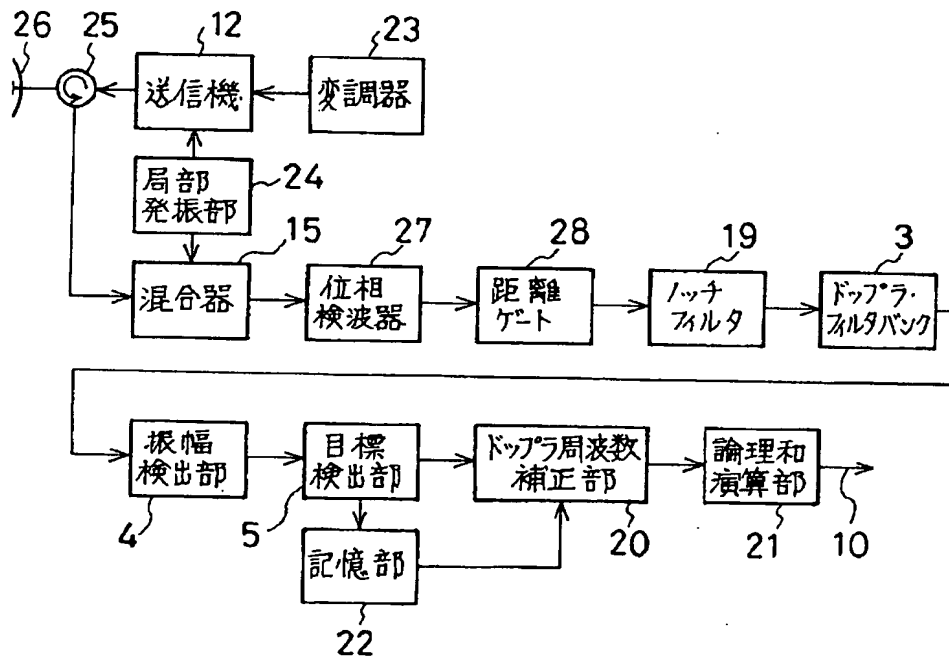
【図 5】



【図 9】



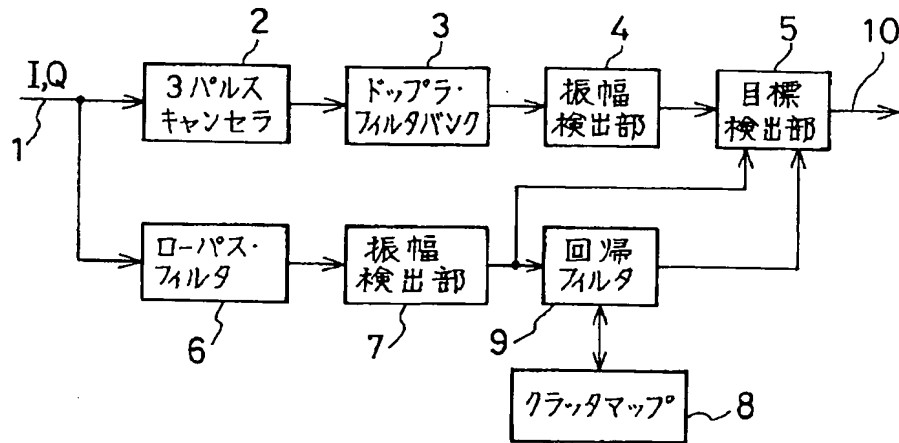
【図 6】



23: 変調器 (送受信部)  
24: 局部発振器 (送受信部)

25: サークュレータ (送受信部)  
26: 送受信アンテナ (送受信部)

【図 8】



## 【手続補正書】

【提出日】平成6年2月3日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項3

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項3】 パルス状の電波を所定のヒット数毎に送信周波数を繰り返し変化させて送信し、その反射を受信する送受信部と、前記送受信部で受信した信号のパルスヒット毎に海面クラッタを抑圧する抑圧部と、前記抑圧部にて得られた信号を、所定の数のドップラ周波数を有する信号成分に分離する分離部と、前記分離部にて得られた信号より目標の検出を行う検出部と、前記検出部で得られた目標検出結果を記憶する記憶部と、前記記憶部に記憶された目標検出結果と前記目標検出部で得られた目標検出結果のドップラ周波数を合わせるように補正するドップラ周波数補正部と、前記ドップラ周波数補正部にて補正された信号の論理和演算を行う論理和演算部とを備えた短波レーダ装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項4

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項4】 それぞれが互いに異なる送信周波数のパルス状の電波を送信し、その反射を受信する複数の送受信部と、前記各送受信部で受信したそれぞれの信号のパルスヒット毎に海面クラッタを抑圧する複数の抑圧部と、前記各抑圧部にて得られた信号をそれぞれ、所定の数のドップラ周波数を有する信号成分に分離する複数の

分離部と、前記各分離部にて得られた信号より、それぞれ目標の検出を行う複数の検出部と、前記各検出部で得られた目標検出結果どうしのドップラ周波数を合わせるように補正するドップラ周波数補正部と、前記ドップラ周波数補正部にて補正された信号の論理和演算を行う論理和演算部とを備えた短波レーダ装置。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0002

【補正方法】変更

【補正内容】

【0002】

【従来の技術】図8は例えば、「イントロダクション ツー レーダ システムズ (INTRODUCTION TO RADAR SYSTEMS) 第2版」メリル アイスコルニク (Merrill I. Skolnik) 著 マックグロウ・ヒル インターナショナル エディションズ (McGraw-Hill International Editions) 1981年に示された、従来の短波レーダ装置における移動目標検出装置を示す機能ブロック図である。図において、1はA/D変換されて入力されるI成分とQ成分のビデオ信号である。2はこのビデオ信号1のクラッタ信号成分を除去する3パルス・キャンセラであり、3はその出力を所定の数のドップラ周波数を持つ信号成分に分離する、フーリエ変換器で構成されたドップラ・フィルタバンクである。4はドップラ・フィルタバンク3の各出力の振幅値を検出する振幅検出部であり、5はその振幅値信号より目標の検出を行う目標検出部である。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正内容】

【0014】また、請求項3に記載の発明に係る短波レーダ装置は、1つの送受信部によって所定ヒット数毎に送信周波数を繰り返して変化させながらパルス状の電波を送受信するとともに、得られた目標検出結果を格納する記憶部を設け、1つの系を時分割使用して、受信信号に対する海面クラッタ抑圧処理、ドップラフィルタリングおよび目標検出処理を行い、得られた各目標検出結果のドップラ周波数を補正した後、論理和演算を行うようにしたものである。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正内容】

【0018】また、請求項3に記載の発明における短波レーダ装置は、1つの送受信部で所定ヒット数毎に送信周波数を繰り返して変化させながらパルス状の電波を送受信し、得られた目標検出結果を記憶部に格納して、ドップラ周波数補正、論理和演算を実行することにより、パルス方式の短波レーダにおいても、海面クラッタに埋もれてしまう目標信号の分離を可能とする。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0023

【補正方法】変更

【補正内容】

【0023】20は2つの系のドップラ・フィルタバンク3からの信号より振幅検出部4及び目標検出部5でそれぞれ得られた両系の目標検出結果どうしのドップラ周波数を合わせるように補正するドップラ周波数補正部である。21はこのドップラ周波数補正部20より出力される両系の目標検出結果の論理和をとって、最終的なヒットレポート信号10を生成する論理和演算部である。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0035

【補正方法】変更

【補正内容】

【0035】実施例2. なお、上記実施例1では送信中心周波数が異なった複数(2つ)の送信種信号のそれぞれに対応して独立に、送受信および信号処理の系を設置したものを示したが、異なる送信中心周波数の送信種信号を時分割的に生成することにより、送受信および信号処理の系を1系統ですませることもできる。図4は請求項2に記載したそのような発明の一実施例を示す機能ブロック図で、相当部分には図1と同一符号を付してその

説明を省略する。図において、11は実施例1における周波数変調器11aと11bがそれぞれ個別に生成していた、中心周波数が $f_1$ と $f_2$ の送信種信号を時分割的に生成する周波数変調器である。22は送信中心周波数が $f_1$ のときに目標検出部5が出力する目標検出結果が格納される記憶部である。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0039

【補正方法】変更

【補正内容】

【0039】実施例3. また、上記各実施例ではFMCW方式の短波レーダ装置に適用した場合について述べたが、通常のパルス方式の短波レーダ装置に適用することもできる。図6は請求項3に記載したそのような発明の一実施例を示す機能ブロック図で、相当部分には図4と同一符号を付してその説明を省略する。図において、23は所定送信機12をパルス動作させるための変調器であり、24は送信機12に局部発振信号を供給して送信機12の出力パルスの周波数を所定ヒット数毎に変化させるとともに、その局部発振信号を混合器15にも送る局部発振器である。25は送信信号と受信信号の切り替えを行うサーキュレータであり、26は送信と受信で共用される送受信アンテナである。27は混合器15の出力を位相検波する位相検波器であり、28は位相検波器の出力をレンジピン毎の信号に分離する距離ゲートである。なお、前記変調器23、送信機12、サーキュレータ25、送受信アンテナ26、混合器15および局部発振器24によって送受信部が形成されている。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0040

【補正方法】変更

【補正内容】

【0040】次に動作について説明する。ここで、図7は送受信アンテナ26から送信される送信信号を示す説明図である。送信機12は変調器23からのパルスと局部発振器24からの局部発振信号に基づいて、図7に示すような、所定のヒット数毎に複数種類(2種類)の周波数を繰り返すパルスによる送信信号を生成し、サーキュレータ25を経て送受信アンテナ26より放射する。送受信アンテナ26で受信される受信信号はサーキュレータ25を経て混合器15に入力され、局部発振器24からの局部発振信号と混合された後、位相検波器27にて位相検波され、距離ゲート18でレンジピン毎の信号に分離される。各レンジピンのデータは、パルスビット毎にノッチフィルタ19で海面クラッタ信号が抑圧され、ドップラ・フィルタバンク3で所定のドップラ周波数成分に分離された後、振幅検出部4で振幅検出の処理が行われ、目標検出部5で目標検出の処理が行われる。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0047

【補正方法】変更

【補正内容】

【0047】また、請求項3に記載の発明によれば、1つの送受信部で所定ヒット数毎に送信周波数を繰り返して変化させながらパルス状の電波を送受信し、得られた目標検出結果を記憶部に一時格納しておくように構成したので、クラッタと同様のドップラ周波数成分を有する

目標も確実に分離・検出することができるパルス方式の短波レーダ装置を、少ないハードウェア量で実現できる効果がある。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図9

【補正方法】変更

【補正内容】

【図9】海面からの後方散乱信号を示す周波数スペクトル図である。